

Санитарно-эпидемиологическая оценка изделий, для которых прямые нормативы по содержанию природных радионуклидов не установлены

И.П. Стамат¹, М.Ю. Соловьев²

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Роспотребнадзор, Санкт-Петербург, Россия

² Управление Роспотребнадзора по Ростовской области, Роспотребнадзор, Ростов-на-Дону, Россия

В последние годы широкое применение в коммунальных условиях и в быту получили различного рода изделия, в изготовлении которых использованы природные минералы с повышенным содержанием природных радионуклидов. Радиационный фон даже однотипных изделий может различаться в десятки и сотни раз, а их применение может быть самым необычным: от украшений, предметов для ношения до лечебных целей. Поэтому в действующих нормативных документах прямые нормативы по содержанию природных радионуклидов в этих изделиях не установлены. Для обеспечения радиационной безопасности при использовании этих изделий установлено дозовое ограничение: эффективная годовая доза облучения за счет применения этих изделий по назначению не должна превышать 0,1 мЗв.

В статье рассматриваются вопросы, связанные с применением отдельных положений ОСПОРБ-99/2010 и СанПиН 2.6.1.2800-10 при проведении санитарно-эпидемиологической оценки показателей радиационной безопасности изделий, на которые прямые нормативы по содержанию природных радионуклидов не установлены. Рассматриваются вероятные сценарии облучения людей при использовании таких изделий по назначению. Исходя из условия не превышения годовой эффективной дозы облучения 0,1 мЗв, обоснованы критерии оперативной оценки соответствия радиологических характеристик отдельных групп этих изделий требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов.

Ключевые слова: природные радионуклиды, нормативы по содержанию природных радионуклидов, сценарии облучения человека, критерии оперативной оценки соответствия, эффективная доза облучения населения.

Введение

В НРБ-99/2009, ОСПОРБ-99/2010 и СанПиН 2.6.1.2800-10 [1–3] введены нормативы по содержанию природных радионуклидов на основные виды продукции, которые применяются в массовых количествах для строительства зданий и сооружений, их облицовки и декорирования, производства изделий художественных промыслов и санитарно-технических керамических изделий, в минеральных удобрениях и агрохимикатах и др. Эти изделия и материалы характеризуются тем, что они, как правило, применяются строго по назначению. Кроме того, эти изделия и материалы обычно производятся по специальным стандартам производителей (ТУ, СТО, ГОСТ и т.п.), так что большие партии такой продукции обычно являются однородными по своим радиологическим характеристикам.

Однако в различных отраслях деятельности людей применяется целый ряд изделий, для которых нормативы по содержанию природных радионуклидов не установлены. К таким изделиям относятся объективы для кино- и фотоаппаратуры, оптические прицелы, компасы и часы с постоянно светящимся циферблатом и т.п., при изготовлении которых для придания им специальных свойств используются соли природного радия, тория, урана. Для

«лечебных» и других целей применяются различного рода матрасы (латексные, с отрицательно заряженными ионами и т.п.), амулеты, обереги, медальоны и т.п., при изготовлении которых чаще всего применяются минералы, содержащие природный торий. Как правило, эти изделия выпускаются без соответствующих стандартов в небольших количествах. Поэтому по радиологическим свойствам в большинстве своем эти изделия являются уникальными и могут отличаться друг от друга в десятки раз и более. Особняком в ряду таких изделий стоят коллекционные образцы природных минералов (циркон, ортит, монацит, апатит и др.), изделия и различные сувениры из полудрагоценных и поделочных камней (чароит, гелиодор, хризоберилл и др.), которые могут характеризоваться высоким содержанием природных радионуклидов.

Для установления возможности применения таких изделий по назначению пунктом 5.1.16 ОСПОРБ-99/2010 и пунктами 4.5.2 и 4.5.3 СанПиН 2.6.1.2800-10 предусмотрена санитарно-эпидемиологическая оценка показателей радиационной безопасности таких изделий. Чаще всего необходимость проведения такой оценки возникает при ввозе указанных изделий на территорию Российской Федерации физическими лицами при обнаружении повышенного радиационного фона багажа.

Очевидно, что при проведении таможенных процедур оформления багажа и грузов проведение необходимых измерений с последующей санитарно-эпидемиологической оценкой показателей радиационной безопасности таких изделий не представляется возможным в силу целого ряда причин. Поэтому для принятия оперативного решения о возможности или невозможности ввоза изделий, содержащих природные радионуклиды, на территорию Российской Федерации необходимы простые критерии, на основе которых такое решение может быть однозначно принято.

В настоящей статье приводится обоснование критериев оперативной оценки показателей радиационной безопасности отдельных видов изделий, которые наиболее часто встречаются на практике. В числе таких изделий рассматриваются объективы для кино-, фото- и видеоаппаратуры и оптических прицелов, а также так называемые «лечебные» матрасы. Большая группа других изделий и материалов (медальоны (амулеты, обереги и т.п.), соль поваренная пищевая с пониженным содержанием натрия, сжиженный природный газ и др.) в последующем планируется рассмотреть отдельно.

Критерии оперативного радиационного контроля изделий

Пунктом 5.1.16 ОСПОРБ-99/2010 и пунктами 4.5.2 и 4.5.3 СанПиН 2.6.1.2800-10 установлен дозовый критерий для безопасного применения изделий, на которые прямые нормативы по содержанию природных радионуклидов не установлены: эффективная годовая доза облучения населения при использовании их по назначению не должна превышать 0,1 мЗв. Если это условие соблюдается, то данные изделия могут допускаться к использованию по назначению без ограничений по радиационному фактору. Для практического применения этой нормы необходимо иметь набор простых, прямо определяемых производных от дозового критерия величин, которые позволяют оперативно принимать решение о соответствии или несоответствии показателей радиационной безопасности этих изделий требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов.

Очевидно, что одним из критериев оперативной оценки показателей радиационной безопасности изделий, на которые отсутствуют прямые нормативы по содержанию природных радионуклидов, является их радионуклидный состав. Как сказано выше, в большинстве случаев эти изделия изготавливаются с использованием природных минералов или солей природных элементов, поэтому они должны характеризоваться отсутствием техногенных радионуклидов. Учитывая, что для таких изделий характерным является повышенный радиационный фон, оценить их радионуклидный состав несложно с применением, например, современных переносных гамма-спектрометров.

Радионуклиды природных рядов урана и тория в изделиях, в которых присутствуют природные минералы, находятся в радиоактивном равновесии со всеми дочерними продуктами распада. Если для изготовления изделий использованы соли урана, тория или радия, то радиоактивное равновесие в соответствующих рядах также может быть нарушено незначительно. Поэтому основным путем облучения населения за счет содержания

природных радионуклидов в изделиях является внешнее гамма-излучение радионуклидов природных рядов урана и тория, а также ^{40}K . Учитывая это, в качестве другого критерия оперативной оценки показателей радиационной безопасности изделий целесообразно использовать мощность дозы гамма-излучения вблизи этих изделий. Причем расстояние, на котором необходимо контролировать внешнее излучение изделий, должно определяться в зависимости от их назначения. Измерение мощности дозы гамма-излучения вблизи поверхности изделий на уровне 0,05–0,10 мкЗв/ч над естественным гамма-фоном с использованием современных дозиметров не представляет сложности.

Как правило, радионуклиды природных рядов урана-радия и тория в изделиях зафиксированы достаточно прочно, поскольку они входят в состав минералов или солей природных элементов. Если для изготовления изделий использованы природные минералы, то радионуклиды находятся в кристаллической решетке минералов, соли природных радионуклидов в оптических изделиях входят в состав тончайшей прочной пленки или матрицы. Изделия для ношения на теле (медальоны и др.) в большинстве случаев изготовлены прессованием порошка минералов и связующих и т.д. Поэтому снимаемое поверхностное загрязнение этих изделий обычно отсутствует. Тем не менее, в зависимости от технологии их изготовления, сроков и условий применения в некоторых случаях возможно поверхностное загрязнение изделий альфа- и/или бета-излучающими радионуклидами.

Поэтому еще одним критерием оперативной оценки показателей радиационной безопасности следует считать снимаемое поверхностное загрязнение изделий альфа- и/или бета-излучающими радионуклидами. В отличие от мощности дозы, для этого показателя в ОСПОРБ-99/2010 в редакции Изменений № 1 [4] установлены прямые численные значения. Заметим, что эти значения снимаемого радиоактивного загрязнения в ОСПОРБ-99/2010 установлены для техногенных радионуклидов. Однако в данном случае их применение оправдано тем, что при их превышении потребуются оценивать, наряду с дозами внешнего облучения людей, также и дозы их внутреннего облучения за счет перорального поступления природных радионуклидов в организм, что является достаточно сложной задачей. Измерение снимаемого радиоактивного загрязнения с поверхности изделий на уровне 0,04 Бк/см² по альфа-излучающим и 0,4 Бк/см² по бета-излучающим радионуклидам может производиться, например, в соответствии с указаниями [5]. Причем эти измерения можно производить в два этапа, контролируя сначала суммарное загрязнение путем прямых измерений с использованием радиометров и, в случае необходимости, определяя же уровни снимаемого загрязнения.

Таким образом, в качестве критериев оперативной оценки соответствия или несоответствия изделий требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов могут быть приняты следующие: мощность дозы гамма-излучения вблизи поверхности изделий, отсутствие в изделиях гамма-излучающих радионуклидов техногенного происхождения и уровень снимаемого загрязнения их поверхности альфа- и/или бета-излучающими радионуклидами. Причем двум последним критериям изделия должны соответствовать безусловно: при достоверном

присутствии в изделиях техногенных радионуклидов и/или наличии снимаемого загрязнения их поверхности альфа- и/или бета-излучающими радионуклидами выше указанных уровней, их применение не допускается. Исключение из этого, на наш взгляд, может быть сделано только в отношении уникальных музейных экспонатов, для которых должны быть установлены специальные условия хранения.

Для однозначности дальнейших рассуждений уточним смысл понятий «достоверное присутствие гамма-излучающих радионуклидов техногенного происхождения» и «отсутствие снимаемого загрязнения их поверхности альфа- и/или бета-излучающими радионуклидами». В отношении первого из них можно было бы принять наличие техногенных радионуклидов в изделиях на уровне не выше значений по приложению 3 к ОСПОРБ-99/2010 в изложении п. 3.11.3 в Изменениях 1 к СП 2.6.1.2612 (ОСПОРБ-99/2010). Однако, учитывая возможности современных переносных гамма-спектрометров, правильнее будет исходить из нижней границы диапазона определения удельной активности радионуклидов, которая примерно на порядок ниже значений удельной активности гамма-излучающих радионуклидов техногенного происхождения по приложению 3 к ОСПОРБ-99/2010. Отсутствие снимаемого загрязнения поверхности изделий альфа- и/или бета-излучающими радионуклидами следует понимать в соответствии с п. 3.11.2 Изменений 1 к СП 2.6.1.2612: менее 0,4 Бк/см² (24 част/(см²*мин) по бета-излучающим радионуклидам и менее 0,04 Бк/см² (2,4 част/(см²*мин) по альфа-излучающим радионуклидам.

С учетом этого, единственным количественным критерием оперативной оценки соответствия или несоответствия изделий требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов остается мощность дозы гамма-излучения вблизи их поверхности. Численные значения этого критерия должны устанавливаться для отдельных групп изделий, сходных по их назначению и условиям применения. Для этого должны быть разработаны сценарии облучения людей и рассчитаны граничные значения мощности дозы гамма-излучения вблизи поверхности изделий, при которых не будет превышена доза 0,1 мЗв/год. При обосновании сценария облучения следует рассматривать облучение всего тела человека, если изделия имеют значительные габариты или расстояние до них достаточно большое (например, «лечебные» матрасы, музейные или коллекционные экспонаты и т.п.). В некоторых случаях (объективы для кино-, фото- и видеоаппаратуры, оптические прицелы и т.д.), кроме оценки эффективной дозы облучения человека, необходимо оценить эквивалентную дозу облучения хрусталика глаза.

В большинстве случаев рассматриваемые изделия поставляются в единичных экземплярах, иногда небольшими партиями. Поэтому проблемы с обеспечением требований радиационной безопасности при их транспортировании не возникают или решаются за счет использования упаковки, поэтому нами здесь они не рассматриваются. Также не рассматриваются вопросы, связанные с возможным образованием отходов, поскольку высокохудожественные и дорогостоящие изделия, в том числе музейные экспонаты, редкие минералы, оптика и т.п., как правило, редко переходят в категорию отходов. Такие

изделия, как «лечебные» матрасы, амулеты и т.п., обычно приобретаются в единичных экземплярах и, превращаясь в отходы, не представляют большой радиационной опасности для окружающей среды.

Исходя из сказанного, рассмотрим далее порядок проведения санитарно-эпидемиологической оценки отдельных групп наиболее распространенных на практике изделий, имеющих повышенный радиационный фон.

Оптика для фото-, видео- и киноаппаратуры, оптических прицелов

Использование солей тория является технологической особенностью производства высококачественной оптики для фото-, видео- и киноаппаратуры, оптических прицелов и т.п. Обычно в технологии производства такой оптики соли тория в составе тончайших прочных пленок наносятся на поверхность оптических линз в один или несколько слоев для повышения оптической прозрачности объективов и уменьшения рассеяния света в них. Причем сам торий при изготовлении таких изделий применяется не как радиоактивное вещество, а как химический элемент, придающий оптическим пленкам и, соответственно, самой оптике определенное свойство.

Исходя из этого, объективы, оптические прицелы и т.п. должны рассматриваться как изделия, содержащие природные радионуклиды, для которых нормативы по содержанию природных радионуклидов не установлены. Поэтому санитарно-эпидемиологическую оценку показателей радиационной безопасности таких изделий следует проводить, как сказано выше, в соответствии с требованиями пункта 5.1.16 ОСПОРБ-99/2010 и пунктов 4.5.2 и 4.5.3 СанПиН 2.6.1.2800-10.

Эту группу изделий рассмотрим на примере объективов с просветленной оптикой для фотоаппаратов, которые являются наиболее многочисленными и широко распространенными среди как профессионалов, так и любителей. Причем рассмотрим конкретный объектив типа «Konica Hexanon», при радиационном контроле которого в комплекте с фотоаппаратом было установлено, что максимальная мощность дозы гамма-излучения на его поверхности составляет 1,5 мкЗв/ч при мощности дозы гамма-излучения в месте измерений 0,15 мкЗв/ч.

По данным измерений мощности дозы гамма-излучения на разных расстояниях от фотоаппарата, оказалось, что источником повышенного гамма-излучения фотоаппарата является только объектив. Мощность AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения вплотную к рабочей стороне объектива составляла 3–3,5 мкЗв/ч, а вплотную к корпусу фотоаппарата без объектива – на уровне мощности дозы гамма-излучения в месте проведения измерений (0,17–0,18 мкЗв/ч).

Гамма-спектрометрический анализ объектива и корпуса фотоаппарата с использованием полевого гамма-спектрометра показал, что повышенное гамма-излучение изделия практически целиком обусловлено присутствием природного радионуклида ²³²Th в оптике объектива. Причем радионуклиды природного ряда ²³²Th находятся в радиоактивном равновесии с материнским радионуклидом. Кроме природного радионуклида ⁴⁰K, других гамма-излучающих радионуклидов, в том числе и техногенного происхождения, в объективе и корпусе фотоаппарата не обнаружено (в спектре гамма-излучения присутствовали

только линии дочерних продуктов распада ^{232}Th). По результатам контроля суммарного α - и β -загрязнения поверхности фотоаппарата и объектива было установлено, что поверхностное радиоактивное загрязнение изделия отсутствует (плотность потока α - и β -частиц с их поверхности не превышала значения $0,1$ част/(см²·мин).

Удельная активность ^{40}K и ^{232}Th в объективе определена относительным методом с использованием образцовой меры активности специального назначения на стационарном спектрометре гамма-излучения СГС-200. Удельная активность ^{40}K в объективе оказалась на уровне около 150 Бк/кг, а суммарная активность ^{232}Th в нем составила около $28,0$ кБк. При массе фотоаппарата в сборе с объективом около $1,14$ кг и массе самого объектива около $0,54$ кг удельная активность ^{232}Th в них составила около $24,6$ и $51,9$ кБк/кг соответственно, а в единицах эффективной удельной активности природных радионуклидов в соответствии с определением этой величины по пункту 5.3.4 НРБ-99/2009 она составляет около $31,9$ и $67,4$ кБк/кг соответственно.

Учитывая, что эффективная удельная активность природных радионуклидов в объективе и фотоаппарате значительно превышает величину 740 Бк/кг, в соответствии с требованиями пункта 5.1.16 ОСПОРБ-99/2010 и пунктов 4.5.2 и 4.5.3 СанПиН 2.6.1.2800-10 для принятия решения о возможности использования фотоаппарата с таким объективом по назначению выполнена оценка ожидаемой эффективной дозы облучения населения.

Для оценки ожидаемых годовых эффективных доз облучения населения за счет использования фотоаппарата по назначению в коммунальных условиях и быту были рассмотрены два сценария облучения людей:

а) использование фотоаппарата в качестве коллекционного изделия; в данном случае этот сценарий нам представляется наиболее вероятным, поскольку фотоаппарат «KONICA» в сборе с объективом «Konica Hexanon» является старым пленочным аппаратом, который в настоящее время для любительской и/или профессиональной съемки не применяется;

б) использование объектива «Konica Hexanon» в качестве съемного в сборе с современными цифровыми камерами для любительской и/или профессиональной съемки.

Хотя поле гамма-излучения фотоаппарата с объективом крайне неравномерно, для расчета эффективной дозы облучения человека по данным измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения принималось, что мощность дозы равномерно реализуется во всем теле человека.

Очевидно, что при использовании фотоаппарата в качестве коллекционного изделия крайне маловероятно, чтобы близкий контакт людей с ним происходил постоянно или в течение длительного времени. При этом возможно, что, беря в руки и рассматривая фотоаппарат, люди могут заглядывать в видоискатель или объектив, однако в основном фотоаппарат будет находиться у них в руках на расстоянии не ближе 10 – 15 см. Исходя из этого, считалось, что один и тот же человек каждый выходной день (в среднем 110 дней в году) в течение 1 ч рассматривает фотоаппарат, держа его вблизи тела на расстоянии 10 – 15 см. Далее считалось, что при этом облучение всего тела происходит равномерно при мощности амбиентного эквивалента

дозы гамма-излучения, равной мощности дозы на расстоянии 10 см от наружной (рабочей) поверхности объектива фотоаппарата, которая составляет около $0,6$ мкЗв/ч. При этих условиях максимальное значение годовой эффективной дозы облучения человека не превысит величину 110 дней/год \cdot 1 час/день \cdot $0,6$ мкЗв/ч \approx 70 мкЗв/год.

Оценка доз облучения людей при использовании объектива «Konica Hexanon» в качестве съемного в сборе с современными цифровыми камерами для любительской и/или профессиональной съемки выполнена, исходя из следующих условий:

1. Любитель пользуется фотоаппаратом каждый второй выходной (в среднем 55 дней в году) в течение 4 ч в день, нося его на плече в кофре и периодически вытаскивая для съемки.

2. Профессиональный фотограф, как правило, имеет несколько сменных объективов, которыми пользуется по очереди. Будем считать, что профессиональный фотограф работает ежедневно (250 дней в году) по 8 ч в день, причем объектив «Konica Hexanon» для съемки используется ровно половину этого времени.

3. При ношении на плече и использовании фотоаппарата для съемки объектив обращен в сторону от фотографа.

Если считать, что облучение тела фотографа происходит равномерно при мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, равной мощности дозы на расстоянии 5 – 10 см от наружной стороны фотоаппарата (со стороны видоискателя), которая составляет около $0,5$ мкЗв/ч, то при этих условиях максимальное значение годовой эффективной дозы облучения фотографа-любителя не превысит значения: 55 дней/год \cdot 4 ч/день \cdot $0,5$ мкЗв/ч \approx 110 мкЗв/год.

Максимальное значение годовой эффективной дозы облучения фотографа-профессионала не превысит значения: 250 дней/год \cdot $0,5$ \cdot 8 ч/день \cdot $0,5$ мкЗв/ч \approx 500 мкЗв/год. Строго говоря, требования пункта 5.1.16 ОСПОРБ-99/2010 и пунктов 4.5.2 и 4.5.3 СанПиН 2.6.1.2800-10 к облучению фотографа-профессионала не распространяются, поскольку эти требования установлены для ограничения облучения от изделий, используемых в коммунальных условиях и в быту. Облучения фотографа-профессионала при использовании таких объективов следует отнести к облучению природными источниками излучения в производственных условиях. Однако применение требований действующих нормативно-правовых документов к данному случаю облучения работников затруднительно и требует специального рассмотрения. Здесь ограничимся констатацией того, что максимальное значение годовой эффективной дозы облучения фотографа-профессионала составляет не более $1/10$ части допустимой дозы работников природными источниками излучения согласно п. 4.1 НРБ-99/2009.

Очевидно, что полученные оценки эффективной дозы облучения людей при использовании по назначению фотоаппарата «KONICA» в сборе с объективом «Konica Hexanon» являются максимально возможными в силу следующих основных причин:

- Кроме глаз, расстояние до разных органов тела человека при любой форме обращения с фотоаппаратом, в том числе, когда он используется в коллекции, для любительской или профессиональной фотосъемки, будет заметно больше 10 см.

- Для съемки фотографии (прежде всего фотографии-профессионалы) часто используют штативы, когда расстояние до фотоаппарата оказывается значительно больше, чем при съемке с рук.

- В расчетах по оценке эффективной дозы облучения нами не учитывалось поглощение мягкого гамма-излучения радионуклидов природного ряда ^{232}Th в тканях человека.

Отметим также, что при любом сценарии использования фотоаппарата эквивалентная доза облучения хрусталика глаза человека (фотографа или коллекционера) не превысит значения $8800 \text{ ч/год} \cdot 1,5 \text{ мкЗв/ч} \approx 13 \text{ мЗв/год}$ на поверхности хрусталика даже при условии, что человек будет смотреть в видоискатель постоянно в течение года.

Таким образом, фотоаппарат «KONICA» в сборе с объективом «Konica Hexanon» соответствует требованиям, установленным в пункте 5.1.16 ОСПОРБ-99/2010 и пунктах 4.5.2 и 4.5.3 СанПиН 2.6.1.2800-10 к изделиям, содержащим природные радионуклиды, для которых не установлены нормативы по содержанию природных радионуклидов. При любом разумном варианте его использования в коммунальных условиях и в быту годовая эффективная доза облучения населения не превысит 100 мкЗв.

Учитывая довольно высокий уровень консерватизма принятого сценария облучения человека при использовании объективов, численные значения критерия оперативной оценки соответствия таких изделий требованиям пункта 5.1.16 ОСПОРБ-99/2010 и пунктов 4.5.2 и 4.5.3 СанПиН 2.6.1.2800-10 по мощности дозы гамма-излучения следует принять на уровне до 5,0 мкЗв/ч вплотную к лицевой стороне объектива и до 1,0 мкЗв/ч – вплотную к поверхности фотоаппарата со стороны видоискателя.

По результатам санитарно-эпидемиологической оценки показателей радиационной безопасности фотоаппарата в экспертном заключении целесообразно привести информацию о том, что данное изделие содержит природные радионуклиды, например, в следующей форме: «Фотоаппарат «KONICA» с объективом «Konica Hexanon», содержащим природные радионуклиды, соответствует требованиям радиационной безопасности, установленным в ОСПОРБ-99/2010 и СанПиН 2.6.1.2800-10. Не рекомендуется его использование в качестве игрушки для детей».

«Лечебные» матрасы

Эта группа изделий не так широко распространена, однако в рекламных листовках к ним перечисляются их многочисленные целебные свойства, поэтому они охотно приобретаются населением при поездках в зарубежные страны. Сведения о ввозе на территорию страны различного рода матрасов (латексных, с отрицательно заряженными ионами и т.п.), имеющих повышенный радиационный фон, в сообщениях управлений Роспотребнадзора по отдельным субъектам Российской Федерации появляются достаточно регулярно. Повышенный радиационный фон этих изделий обусловлен присутствием в них природных радионуклидов. Носителем (матрицей) природных радионуклидов в изделиях является или сама ткань, или специально сделанные и пришитые (иногда приклеенные) к поверхности матрасов круглые плоские элементы в форме пуговиц.

Основным радионуклидом, присутствием которого обусловлен повышенный радиационный фон этих изделий, является природный торий-232. Вероятнее всего, при изготовлении этих изделий используются порошки минералов монацита и лопарита, из которых прессуются элементы в форме круглых плоских пластин-пуговиц, или порошок используется в технологии производства ткани. По данным анализа образцов матрасов, присутствие в них гамма-излучающих радионуклидов техногенного происхождения нами не выявлено. Поверхностное радиоактивное загрязнение этих изделий также отсутствует – по данным измерений плотность потока α - и β -частиц с их поверхности не превышает значения $0,1 \text{ част}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$.

Судя по результатам измерений трех образцов матрасов, содержание природных радионуклидов в этих изделиях варьирует в достаточно широком диапазоне, и распределение активности в них крайне неравномерно. Поэтому на практике определение эффективной удельной активности природных радионуклидов в них является достаточно сложной задачей. Исходя из этого, представляется целесообразным обоснование достаточно простых критериев оперативной оценки показателей радиационной безопасности матрасов, которые легко реализуемы при радиационном контроле этих изделий. Как и в случае с другими изделиями, эти критерии должны опираться на дозовое ограничение облучения населения, введенное в ОСПОРБ-99/2010 и СанПиН 2.6.1.2800-10.

Для оценки годовых эффективных доз облучения населения и установления численного значения критерия оперативной оценки соответствия матрасов требованиям ОСПОРБ-99/2010 и СанПиН 2.6.1.2800-10 по мощности дозы гамма-излучения, приняты следующие исходные предпосылки:

Матрасы предназначены для применения в бытовых условиях (для сна или лечебных целей). При использовании матрасов для сна время облучения людей может составлять в среднем около 8 ч в сутки или до 3000 ч в год. При использовании их в лечебных целях время облучения людей, очевидно, значительно меньше.

Матрасы имеют достаточно прочную структуру, природные радионуклиды в них зафиксированы прочно, о чем свидетельствуют низкие уровни плотности потока α - и β -частиц с их поверхности. Поэтому внутренним облучением людей за счет перорального поступления природных радионуклидов в организм можно пренебречь.

Исходя из сказанного, далее рассматривается только внешнее облучение взрослых людей за счет использования матрасов. Принимая в качестве дозового критерия для неограниченного использования матрасов по назначению величину годовой эффективной дозы облучения не более $0,1 \text{ мЗв}$, для оценки эффективных доз облучения населения за счет использования матрасов по назначению рассматривается следующий достаточно консервативный сценарий облучения, считая, что:

- человек подвергается облучению лежа на матрасе в среднем около 8 ч в сутки, или до 3000 ч в год;

- за счет гамма-излучения матрасов происходит облучение всего тела человека равномерно;

- мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения, создаваемая матрасом в воздухе на расстоянии 10 см от него (примерно половина толщины тела

на уровне груди), является одинаковой для всего тела, причем в расчетах поглощением фотонов в теле человека пренебрегается;

– расстояние от поверхности матрасов до хрусталика глаза составляет около 5 см, причем половину времени человек лежит на спине (облучение хрусталика глаза практически не происходит), а половину времени – на животе.

Очевидно, что при этих условиях годовая эффективная доза облучения населения за счет внешнего излучения природных радионуклидов в матрасах не превысит 0,1 мЗв, если выполняется условие:

$$H(r \approx 10) \cdot 3000 \leq 100, \text{ мкЗв},$$

где $H(r \approx 10)$ – мощность AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения на расстоянии около 10 см от поверхности матраса, мкЗв/ч; 3000 – продолжительность облучения людей в течение года, час; 100 – дозовый критерий для условий неограниченного использования матрасов по назначению, мкЗв/год.

Исходя из указанного условия, годовая эффективная доза облучения населения за счет внешнего гамма-излучения природных радионуклидов в матрасах не превысит 0,1 мЗв, если мощность AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения в воздухе на расстоянии 10 см от их поверхности не превысит 0,033 мкЗв/ч за вычетом гамма-фона помещений.

Учитывая, что величину мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения 0,033 мкЗв/ч над уровнем природного фона на практике измерять достаточно сложно, более приемлемым является значение показателя 0,1 мкЗв/ч на расстоянии 5 см от поверхности изделий за вычетом гамма-фона помещений. При этом для повышения степени надежности оценки доз облучения населения за счет содержания природных радионуклидов в матрасах измерение мощности дозы гамма-излучения вблизи их поверхности целесообразно проводить в условиях, когда каждый матрас сложен в два или большее число сложенных, а в качестве численного значения показателя принимать его максимальное значение с учетом неопределенности измерений:

$$H(r \approx 5) + \Delta_{H(r \approx 5)} \leq 0,1, \text{ мкЗв/ч},$$

где $\Delta_{H(r \approx 5)}$ – абсолютное значение неопределенности измерений мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения на расстоянии около 5 см от поверхности матрасов, мкЗв/ч.

Таким образом, с достаточно высокой степенью консервативности можно принять, что если мощность дозы гамма-излучения на расстоянии 5 см от поверхности сложенных в два и более сложенных матрасов не превысит 0,1 мкЗв/ч за вычетом гамма-фона помещений, то они могут быть допущены для использования по назначению без ограничений по радиационному фактору.

Нетрудно показать, что при мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения вблизи поверхности матрасов до 0,1 мкЗв/ч годовая эквивалентная доза в коже не превысит 0,15 мЗв (облучение кожи со стороны спины и живота происходит в течение примерно 1500 ч в год), при этом годовая эквивалентная доза облучения хрусталика глаза не превысит 0,15 мЗв. Такие величины годовых эквивалентных доз облучения кожи и хрусталика

глаз, очевидно, можно считать пренебрежимо малыми и не учитывать при санитарно-эпидемиологической оценке показателей радиационной безопасности «лечебных» матрасов.

Отметим, что при использовании матрасов по назначению возможно образование отходов, содержащих природные радионуклиды. Однако, учитывая величину критерия оперативной оценки матрасов по мощности дозы гамма-излучения в воздухе вблизи их поверхности – до 0,1 мкЗв/ч, эффективная удельная активность природных радионуклидов ($A_{\text{эфф}}$) в этих изделиях гарантированно не превысит значения 1500 Бк/кг. В самом деле, мощность дозы гамма-излучения в воздухе над полубесконечным пространством, в объеме которого равномерно распределены природные радионуклиды с удельной активностью, соответствующей значению $A_{\text{эфф}}$ около 1500 Бк/кг, составляет около $1500 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \approx 0,57$ мкЗв/ч [6, 7]. Учитывая, что численное значение критерия оперативной оценки по мощности дозы примерно в шесть раз ниже этой величины, пришедшие в негодность матрасы могут направляться на свалки общепромышленных отходов без ограничений по радиационному фактору. Укажем также, что при значениях мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения в воздухе вблизи поверхности матрасов до 0,1 мкЗв/ч, их транспортирование может осуществляться любыми видами транспорта без ограничений по радиационному фактору [8].

Таким образом, если повышенный гамма-фон «лечебных» матрасов обусловлен присутствием в них только природных радионуклидов и при этом мощность AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения в воздухе на расстоянии до 5 см от поверхности сложенных в два или более слоев изделий не превышает 0,1 мкЗв/ч над естественным гамма-фоном, то они могут применяться по назначению без ограничений по радиационному фактору.

По результатам санитарно-эпидемиологической оценки показателей радиационной безопасности «лечебных» матрасов в экспертном заключении целесообразно привести информацию о том, что данное изделие содержит природные радионуклиды, например, в форме: *«Изделие содержит природные радионуклиды; соответствует требованиям радиационной безопасности, установленным в ОСПОРБ-99/2010 и СанПиН 2.6.1.2800-10. Не рекомендуется применять для сна и лечения детей».*

Заключение

Разработаны и обоснованы сценарии облучения населения при использовании по назначению двух групп широко распространенных на практике изделий, на которые в действующих нормативных документах нормативы по содержанию природных радионуклидов не установлены. В качестве таких изделий рассмотрены объективы для фото-, кино- и видеоаппаратуры, оптических прицелов и так называемые «лечебные» матрасы. Исходя из условия непревышения годовой эффективной дозы облучения населения 100 мкЗв, обоснованы критерии оперативной оценки соответствия показателей радиационной безопасности этих изделий требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов по величине мощности дозы гамма-излучения.

Литература

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы (СанПиН 2.6.1.2523-09): утв. и введены в действие от 07.07.2009 г. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100 с.
2. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): СП 2.6.1.2612-10): зарегистрирован 26 апреля 2010 г.
3. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. Санитарные правила и нормативы (СанПиН 2.6.1.2800-10): утв. и введены в действие от 24.12.2010 г.
4. Изменения № 1 в ОСПОРБ-99/2010. Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 16.09.2013 г. № 43 «О внесении изменений в отдельные санитарные правила, устанавливающие требования в области радиационной безопасности».
5. Методические указания. Контроль загрязнения радиоактивными нуклидами поверхностей рабочих помещений, оборудования, транспортных средств и других объектов (МУ 2.6.1.016-99) от 10.09.1999 г.
6. Источники и эффекты ионизирующего излучения. Отчет НКДАР ООН 2000 года Генеральной Ассамблее с научными приложениями. Том 1: Источники (часть 1) // Пер. с англ., под ред. акад. РАМН Л.А. Ильина и проф. С.П. Ярмоненко – М.: РАДЭКОН, 2002. – 308 с.
7. Карпов, В.И. Фотонное излучение естественных радионуклидов / В.И. Карпов, Э.М. Крисюк. – М.: Издание НКРЗ 79-14, 1979. – 18 с.
8. Санитарные правила по радиационной безопасности персонала и населения при транспортировании радиоактивных материалов (веществ). Санитарные правила и нормативы (СанПиН 2.6.1.1281-03): утв. и введены в действие от 16.04.2003 г.

Поступила: 10.05.2015 г.

✉ *Стамат Иван Павлович (Stamat Ivan Pavlovich)* – доктор биологических наук, заведующий лабораторией дозиметрии природных источников Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева. Адрес: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8. Телефон: 8(812)232-43-29. E-mail: istamat@mail.ru

Соловьев Михаил Юрьевич (Solov'ev Mihail Jur'evich) – руководитель управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ростовской области – главный государственный санитарный врач по Ростовской области. Адрес: 344019, Ростов-на-Дону, ул. 18 линия, 17. Телефон: 8-863-251-05-92. E-mail: master@61rosпотребнадzor.ru

I.P. Stamat ¹, M.Yu. Solov'ev ²

Sanitary-epidemiological assessment of the products for which standards regulating content of natural radionuclides are not stated

¹ Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V.Ramzaev», Saint-Petersburg, Russia

² Administration of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights protection and Human Well-being in Rostov Region, Rostov-on-Don, Russia

In the recent years, products that are produced using natural minerals with a high content of natural radionuclides have become widely used by households. The natural background radiation level can vary by tens and hundred times even for similar products, while areas of their application can differ from jewelry to medicine. However, normative documents (guidelines) on the content of natural radionuclides in such products have not been yet created. To ensure radiation safety in the use of these products, the dose limit is set: the effective annual dose due to direct use of these products must not exceed 0.1 mSv.

This article discusses issues related to the application of the dedicated sections of the documents OSPORB-99/2010 and SanPiN 2.6.1.2800-10 during sanitary-epidemiological assessment of the products, for which regulations on the content of natural radionuclide's are not created. Possible scenarios of human exposure when using these products with the primary purpose are considered. Based on the limit of 0.1 mSv annual effective dose, the criteria for a rapid compliance assessment of the radiological characteristics of the individual groups of these products are proposed.

Key words: *natural radionuclide, regulations, human exposure scenarios, criteria of rapid compliance assessment, effective dose to population.*

References

1. Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-99/2009): Sanitarnye pravila i normativy (SanPiN 2.6.1.2523-09): utv. i vvedeny v dejstvie ot 07.07.2009 g. – M.: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospot-rebnadzora, 2009. – 100 s.
2. Osnovnye sanitarnye pravila obespechenija radiacionnoj bezopasnosti (OSPORB-99/2010): SP 2.6.1.2612-10): zaregistririvan 26 aprelya 2010 g.
3. Gigienicheskie trebovanija po ogranicheniju obluchenija naselenija za schet prirodnyh istochnikov ionizirujushhego izluchenija. Sanitarnye pravila i normativy (SanPiN 2.6.1.2800-10): utv. i vvedeny v dejstvie ot ot 24.12.2010 g.
4. Izmenenija № 1 v OSPORB-99/2010. Utverzhdeny Postanovleniem Glav-nogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossijskoj Federacii ot 16.09.2013 g. № 43 «O vnese-nii izmenenij v ot-del'nye sanitarnye pra-vila, ustanavlivajush-hie trebovanija v oblasti radiacionnoj bezopasno-sti».
5. Metodicheskie ukazanija. Kontrol' zagrjaznenija radioaktivnymi nukli-dami poverhnostej rabochih pomeshhenij, oborudovanija, transportnyh sredstv i drugih ob#ektov (MU 2.6.1.016-99) ot 10.09.1999 g.
6. Istochniki i jeffekty ionizirujushhego izluchenija. Otchet NKDAR OON 2000 goda General'noj Assamblee s nauchny-mi prilozhenijami. Tom 1: Is-tochniki (chast' 1) / Per. s angl., pod red. Akad. RAMN L.A.II'ina i prof. S.P. Jarmonenko – M.: RADJeKON, 2002. – 308 s.
7. Karpov, V.I. Fotonnoe izluchenie estestvennyh radionuklidov / V.I. Karpov, Je.M. Krisjuk. – M.: Izdanie NKRZ 79-14, 1979. – 18 s.
8. Sanitarnye pravila po radiacionnoj bezopasnosti personala i nasele-nija pri transportirovanii radioaktivnyh materialov (vesh-hestv). Sani-tarnye pravila i normativy (SanPiN 2.6.1.1281-03): utv. i vvedeny v dejstvie ot 16.04.2003 g.